

10º Congresso Nacional de Manutenção

GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM VIATURAS DE TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS

GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM VIATURAS DE TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS

Fábio Miguel Ribeiro Ferrão (*fabio.ferrao@gmail.com*)

José Mendonça Dias (*jad@fct.unl.pt*)

Sumário

- Caracterização da empresa
- Objectivos
- Modelos utilizados
 - Modelos de tipo I
 - Processos de Poisson homogéneos
 - Processos de Poisson não homogéneos
 - Modelos de tipo II
 - Modelo de riscos proporcionais
- Aplicação prática
 - Teste de Laplace
 - Modelo de riscos proporcionais
 - Validação do modelo
 - Comparação de funções de fiabilidade
- Conclusões

Caracterização da empresa

- Empresa pública de transporte de passageiros
- Fundada em Fevereiro de 1957, dispondo de uma frota de 5 autocarros
- Nos primeiros anos em que exerceu actividade transportou cerca de 2,4 milhões de passageiros, o que a levou a aumentar a frota para 10 autocarros
- O ano de 1997 marcou o início de um processo de renovação da frota, adquirindo-se veículos mais modernos
- Actualmente possui uma frota de 68 autocarros urbanos, que fazem serviço em 15 linhas.
- Transporte de cerca de 20 milhões de passageiros/Ano

Objectivos

- Analisar a sequência de falhas que interrompem o serviço



Insatisfação dos clientes

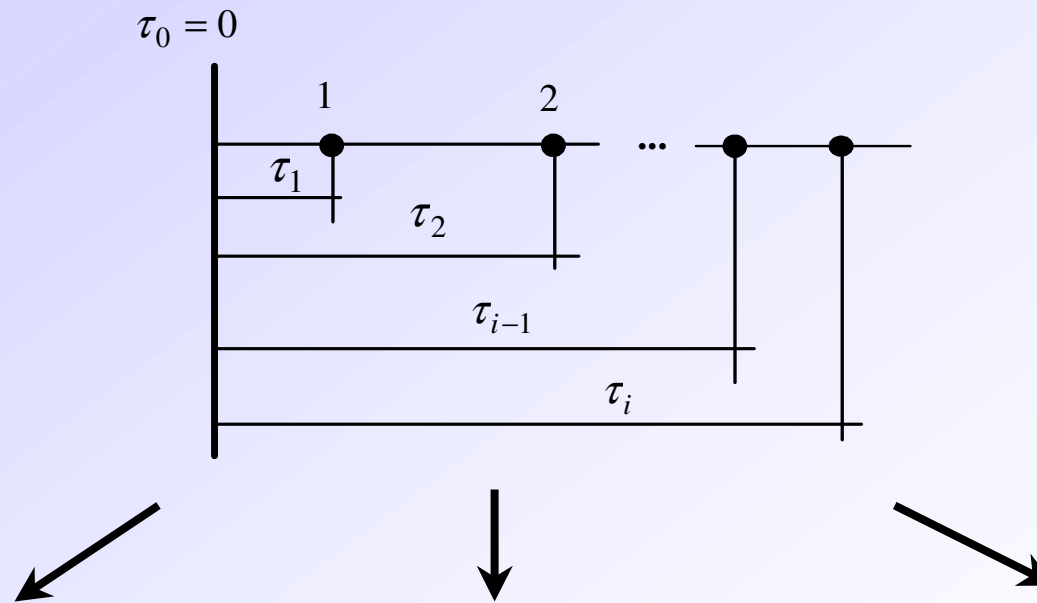
- Análise feita para um modelo de veículo



Mercedes Citaro O530

Modelos utilizados

- Para os Sistemas Reparáveis, é importante o conhecimento da taxa de ocorrência de falhas ROCOF (*Rate of Occurrence of Failures*) do sistema.



Ordem cronológica

Modo de falha

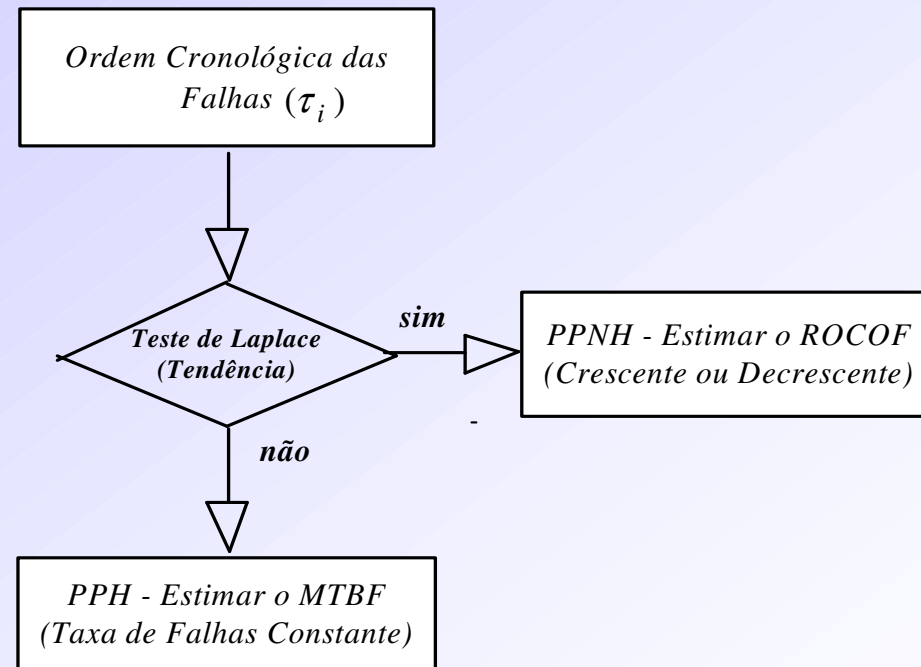
Factores Externos

Modelos do Tipo I

- Os modelos deste tipo podem apresentar a seguinte classificação:
 - Processos de Poisson Homogéneos (HPP)
 - Processos de Poisson não Homogéneos (NHPP)
 - Processos de Poisson Ramificados (BPP)
 - Processos Renovados (RP)
 - Processos Renovados Sobrepostos (SRP)

Modelos do tipo I

- Em termos práticos a utilização do Teste de Laplace permite identificar, para os modelos Tipo I, os Processos de Poisson Homógeneos e os não Homogéneo



Teste de Laplace

- Para um teste limitado por tempo (T), a estatística:

$$z_0 = \sqrt{12 n_f} \left[\frac{\sum_{i=1}^{n_f} t_i}{n_f T} - 0,5 \right]$$

é, para $n_f \geq 4$ uma variável Normal reduzida.

- A hipótese nula, H_0 , será rejeitada se z_0 for superior ao valor crítico para um determinado nível de significância.

Processos de Poisson

- Processos de Poisson Homogéneos
 - ROCOF constante

$$\rho(t) = \lambda$$
$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

- Processos de Poisson não Homogéneos
 - ROCOF dependente do tempo

$$\rho(\tau) = f(\tau)$$
$$R(t) = e^{-\int \rho(\tau) d\tau}$$

Modelos do tipo II

- Utilizados para analisar a influência de várias covariáveis.
- Fornecem uma função de distribuição de base para o sistema.
- Permite a avaliação das variáveis explicativas que estão associadas aos tempos entre falhas.
- Distinguem-se dois tipos de modelos:
 - Modelos de Regressão Loglinear
 - Modelos de Riscos Proporcionais (PHM)

Modelo de Riscos Proporcionais (PHM)

- Obtido por uma técnica não paramétrica baseada no pressuposto de uma função de risco Loglinear
- Pode ser aplicada para verificar o efeito de factores na Fiabilidade do sistema
- Matematicamente representa-se por:

$$h(t, \mathbf{Z}) = h_0(t) e^{(\beta_1 z_1 + \beta_2 z_2 + \dots + \beta_k z_k)}$$

$$R(t; \mathbf{Z}) = [R_0(t)]^{\exp(\beta_1 z_1 + \beta_2 z_2 + \dots + \beta_k z_k)}$$

Aplicação prática

- A construção da base de dados constituindo o histórico de avarias foi obtida através de históricos manuscritos
- As avarias estudadas iniciam com a aquisição dos primeiros autocarros (novos) no dia 01-08-2001

Não existem dados censurados à esquerda

- O teste termina no dia 31-12-2008, e após esta data os autocarros continuaram a circular.

Dados censurados à direita

Aplicação do Teste de Laplace

- Hipóteses de teste
- H_0 : Taxa de falhas constante Vs H_1 : Taxa de falhas não constante
- **Passo 1** – Registo do número de falhas total de cada veículo, não incluindo os dados censurados.
- **Passo 2** – Cálculo do somatório dos quilómetros que o veículo tinha no momento da falha.
- **Passo 3** – registo dos quilómetros totais do ensaio, ou seja, os quilómetros que o veículo tinha aquando do fim do estudo.
- **Passo 4** – O cálculo de Z_0 foi retribuído utilizando a equação

$$z_0 = \sqrt{12n_f} \left[\frac{\sum_{i=1}^{n_f} t_i}{n_f T} - 0,5 \right]$$

Aplicação do teste de Laplace

$$z_0 = \sqrt{12 \times 97} \times \left[\frac{12682998}{97 \times 189037} - 0,5 \right] = 6,540$$

<i>Cálculo de Z_0</i>				
<i>Nº do veículo</i>	<i>Número de falhas</i>	<i>Somatório dos (Km)</i>	<i>Quilómetros totais do ensaio</i>	<i>Z_0</i>
58	97	12682998	189037	6,540
59	231	52268112	359265	6,834
60	209	56334080	391161	9,469
61	153	29278213	314449	4,652
62	212	45307475	339272	6,553
63	145	20133004	237273	3,553
64	201	37365534	323471	3,669
65	166	30275881	300097	4,809
66	65	7298533	169933	4,490
67	140	24549914	337340	0,812
68	181	35568688	338830	3,727
69	151	27058159	295760	4,507
70	31	2607649	145075	1,540
71	20	1734494	127422	2,798

Resultados do teste de Laplace

Valores de Z_0 superiores a $Z_{\frac{\alpha}{2}}$?



Sim



Taxa de falhas crescente



Verifica-se em todos os veículos, excepto no 67 e 70

“Fiabilidade Decrescente”

Aplicação do Modelo de Riscos Proporcionais

- Foi aplicado a toda a frota em simultâneo
- Permitirá a avaliação quantitativa dos grupos de componentes com maior risco de falha
- *Software* utilizado:



- Processo iterativo
- As covariáveis significativas permanecerão no modelo

Aplicação do Modelo de Riscos Proporcionais

<i>Teste global da hipótese nula : [$\lambda = 0$</i>						
<i>Critério</i>		<i>S/cov.</i>	<i>C/cov.</i>	<i>Qui-quadrado</i>	<i>Valor de prova</i>	
<i>-2LnL(β)</i>		27002,6	26613,1	385,9	0,0000	
<i>Análise da estimativa de Máxima Verosimilhança</i>						
<i>Variável</i>	<i>g.l</i>	<i>Estimativa do parâmetro</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Wald Qui-quadrado</i>	<i>Valor de Prova</i>	<i>Relação de risco</i>
<i>TVIDA</i>	1	1,04E-06	2,41E-07	1,86E+01	1,58E-05	1,00E+00
<i>ALT</i>	1	2,59E+00	3,44E-01	5,69E+01	4,63E-14	1,34E+01
<i>BAT</i>	1	2,80E+00	3,47E-01	6,51E+01	7,21E-16	1,65E+01
<i>COMP</i>	1	1,60E+00	3,64E-01	1,92E+01	1,15E-05	4,94E+00
<i>CXV</i>	1	1,87E+00	3,59E-01	2,71E+01	1,93E-07	6,47E+00
<i>EIX</i>	1	1,63E+00	3,65E-01	1,99E+01	8,16E-06	5,09E+00
<i>MA</i>	1	1,43E+00	3,70E-01	1,49E+01	1,16E-04	4,17E+00
<i>MTR</i>	1	2,42E+00	3,51E-01	4,75E+01	5,49E-12	1,12E+01
<i>SD</i>	1	2,25E+00	3,53E-01	4,06E+01	1,90E-10	9,46E+00
<i>SAR</i>	1	2,30E+00	3,52E-01	4,25E+01	6,94E-11	9,92E+00
<i>SARRF</i>	1	3,21E+00	3,45E-01	8,69E+01	1,12E-20	2,49E+01
<i>SEL</i>	1	3,21E+00	3,45E-01	8,67E+01	1,24E-20	2,49E+01
<i>SUSP</i>	1	1,52E+00	3,68E-01	1,69E+01	3,85E-05	4,55E+00
<i>TRV</i>	1	3,18E+00	3,45E-01	8,48E+01	3,29E-20	2,40E+01

Resultados do modelo

- As variáveis que sobraram, embora significativas, têm valores de estimativa do parâmetro muito mais baixo do que as variáveis SARRF, SEL e TRV.



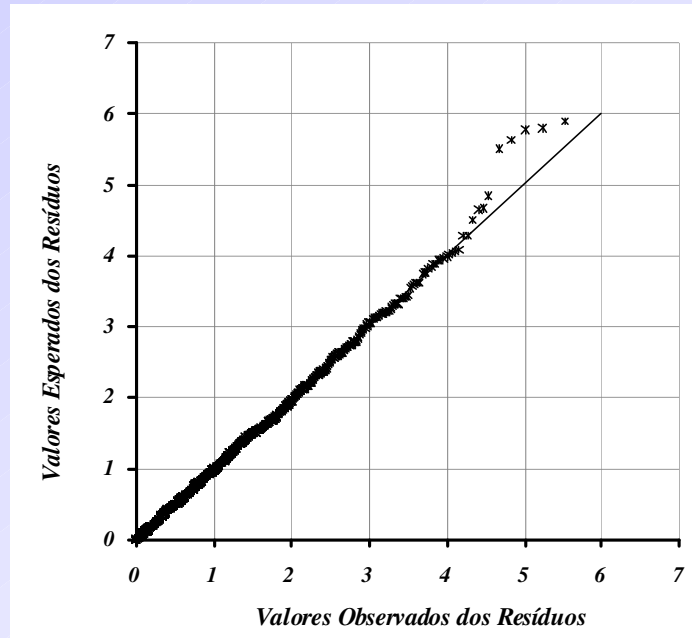
Maior contribuição para a taxa de falhas



As medidas preventivas terão de assentar, essencialmente,
nestes três grupos

Validação do modelo

- Pelos resíduos de Cox-Snell



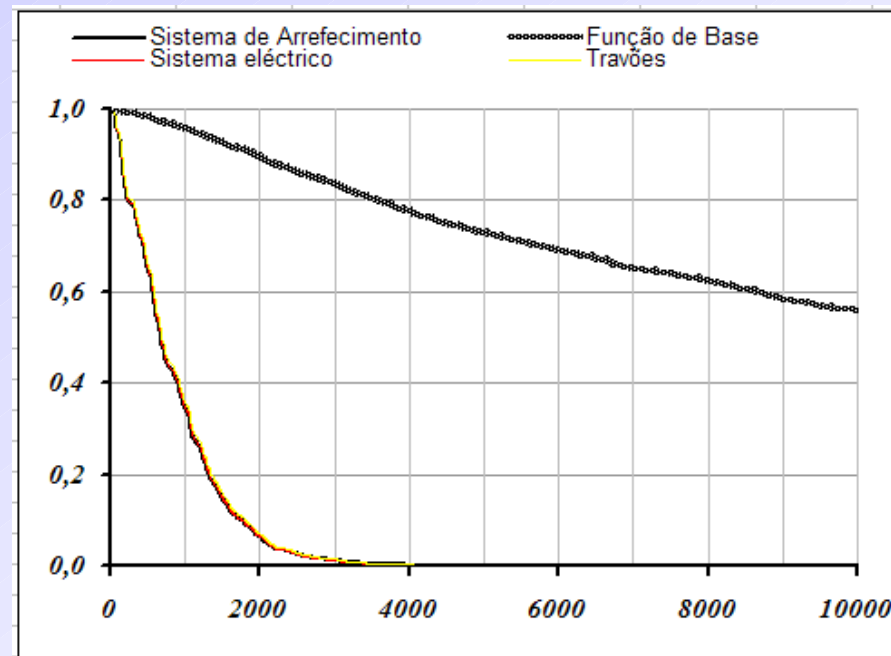
- Os resíduos seguem uma distribuição exponencial negativa com um parâmetro de escala unitário



Modelo ajustado

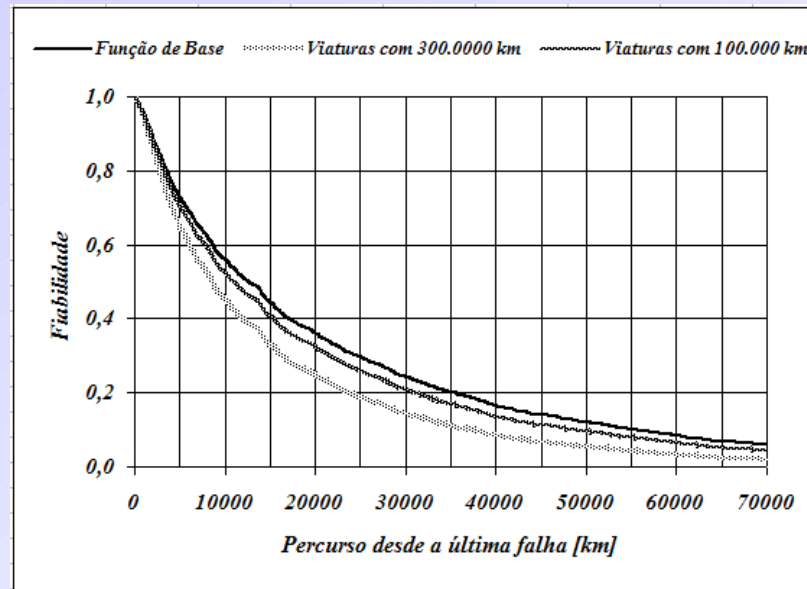
Comparação de funções de fiabilidade

- Gráficos comparativo entre a função de fiabilidade de base e a função de fiabilidade dos componentes com maior contribuição para a taxa de falhas



Comparação de funções de fiabilidade

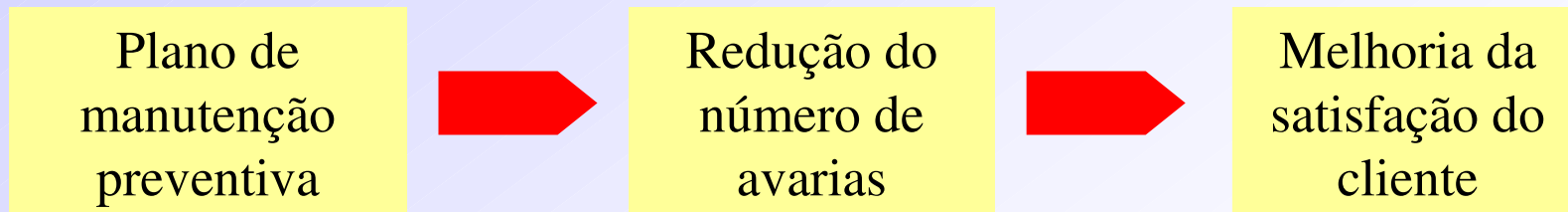
- Gráfico comparativo entre a fiabilidade dos veículos novos (fiabilidade de base), com 100000 quilómetros e com 300000 quilómetros.



A fiabilidade dos veículos diminui e isso deve-se à grande contribuição que os grupos de componentes mais significativos (sistema de arrefecimento, sistema de ar e travões) têm para com a função de fiabilidade

Propostas

- A empresa deverá observar e registar frequentemente o estado em que se encontram os diversos componentes dos grupos problemáticos, de forma a prevenir eventuais avarias, que poderão ser vitais para o bom funcionamento dos veículos.
- Utilizando práticas de manutenção mais eficientes, bem como componentes de qualidade superior, a empresa poderá contrariar a tendência de aumento da sua taxa de falhas.



Conclusão

- Cada veículo apresentava uma taxa de falhas crescente.
- Foi estudado o comportamento global da frota, a fim de conhecer o grupo de componentes que era responsável por este aumento na taxa de falhas.
- Esta metodologia permite, além de evidenciar o comportamento global da frota, controlar as contribuições de cada grupo de componentes para a taxa de falhas dos veículos

Muito obrigado pela vossa atenção!

Fábio Miguel Ribeiro Ferrão (fabio.ferrao@gmail.com)